

A Preliminary Analysis of Comprehensive Utilization and Zero Emission of Wastewater from Domestic Waste Incineration Power Plants

Fei Zhang

China Energy Conservation (Shantou Chaonan) Environmental Energy Co., Ltd, Shantou 515141, Guangdong Province, China

Abstract: This article systematically analyzes the water quality characteristics of various types of wastewater generated by domestic waste incineration power plants, including leachate, domestic sewage, circulating cooling wastewater, and workshop cleaning water. Through practical exploration and technological innovation, a disposal mode combining qualitative treatment and comprehensive utilization is adopted: using clear liquid as circulating cooling water replenishment to achieve resource utilization; Centrifuge, dehydrate, dry and incinerate the sludge for disposal; The concentrated solution is then sprayed back into the furnace or used for lime slurry preparation, converted into fly ash, and safely buried after chelation stabilization treatment. As a result, the entire factory's wastewater ultimately achieved the goals of comprehensive utilization and zero discharge. Finally, taking the Chaonan Municipal Solid Waste Incineration Power Plant (hereinafter referred to as "Chaonan Municipal Solid Waste Power Plant") in Shantou City as a case study, the practical application of comprehensive utilization and zero discharge of wastewater from the municipal solid waste incineration power plant is specifically elaborated.

Keywords: Domestic garbage; Incineration power generation; Comprehensive utilization; Zero emissions

浅析生活垃圾焚烧发电厂废水综合利用和零排放

张飞

中节能(汕头潮南)环保能源有限公司, 中国·广东汕头 515141

摘要: 本文系统分析了生活垃圾焚烧发电厂产生的各类废水(包括垃圾渗滤液、生活污水、循环冷却排污水及车间清洁水等)的水质特性。通过实践探索与技术创新,采用分质处理与综合利用相结合的处置模式:将清液作为循环冷却水补水实现资源化利用;对污泥进行离心、脱水、干化后焚烧处置;浓液则通过回喷炉膛或用于石灰浆液制备,转化为飞灰并经整合稳定化处理后安全填埋。由此,全厂废水最终实现了综合利用与零排放目标。最后,以汕头市潮南区生活垃圾焚烧发电厂(以下简称"潮南垃圾发电厂")为案例,具体阐述了生活垃圾焚烧发电厂废水综合利用和零排放的实际应用。

关键词: 生活垃圾; 焚烧发电; 综合利用; 零排放

1 垃圾焚烧发电厂废水综合利用和零排放的必要性

伴随中国经济的持续快速发展和城市化进程的不断加快,生活垃圾产生量逐年递增,垃圾焚烧处理的资源化、减量化、无害化效果显著,近年来,其在中国得到快速发展,逐渐成为处理生活垃圾的主要途径之一^[1]。但垃圾焚烧发电的过程中势必会对环境带来一定影响,在环保越来越受到重视的趋势下,人们对垃圾焚烧发电中产生的废水排放提出了更高的要求。按照垃圾焚烧发电产生的废水特点,结合实践验证,通过综合利用、分质处理等方式进行处置,实现废水

综合利用和零排放,极大降低运营成本,增加企业经济效益,还能减轻环境污染,避免与居民发生邻避效应,树立良好的企业形象。

垃圾焚烧发电厂在平常运行过程中,会产生大量的废水,其主要来源于以下几方面:

(1) 高浓度有机污水:垃圾储坑堆放生活垃圾发酵后产生的垃圾渗滤液;

(2) 低浓度有机污水:污泥干化冷凝水、生活污水、垃圾车进厂道路冲洗水、初期雨水、垃圾卸料平台冲洗水、化验室排污水等;

(3) 车间清洁水及事故废水:烟气净化车间、石

灰浆制备车间、锅炉车间、飞灰固化车间、磷酸盐车间、尿素间清洁水及事故废水等；

(4) 生产废水：循环冷却排污水、一体化净水器排污水、锅炉定连排废水、化水站制水设备浓水/反冲洗水。

垃圾渗滤液污染物种类多、浓度高、水质复杂，处理起来非常困难。若处置不当对人和环境的危害特别大，它包含的重金属等有害物质会改变土壤的成分及结构，使土壤的肥力和水分下降，其中有毒物质会通过食物链影响人体健康^[2]。此外，在雨水的作用下，其会造成地表水及地下水的严重污染，影响水生生物的生存和水资源的利用。

随着全球各种环境问题激增，人类对环境保护的重视程度也在逐渐加大，环保部门对目前存在的垃圾焚烧发电厂的工艺要求也越来越高，在不断提高环境影响评价要求的同时，也带动了垃圾焚烧发电行业的技术革新，废水综合利用和零排放的概念也就应运而生。从工艺等各方面严格控制和处理垃圾焚烧发电过程产生的废水，最大限度地实现资源再利用，进一步降低对环境的污染。因此，垃圾焚烧发电厂的废水综合利用和零排放是十分必要的。

2 垃圾焚烧发电厂废水综合利用和零排放的实际应用

2.1 垃圾渗滤液及废水混合处理

垃圾渗滤液是垃圾堆放发酵过程中形成的一种成分复杂的高浓度有机废水，含有大量有机物、悬浮物、氨氮、重金属离子以及致病菌等，垃圾焚烧发电厂将生活垃圾堆放在垃圾储坑，经3~7天发酵，沥干水分，提高垃圾热值利于入炉焚烧和提高发电量^[3]。因此垃圾焚烧发电厂需配套渗滤液处理系统处理垃圾渗滤液，由于渗滤液污染物种类多、浓度高、水质复杂，不易处理，生活污水、污泥干化冷凝水、垃圾车进厂道路冲洗水、初期雨水、垃圾卸料平台冲洗水、化验室排污水等化学需氧量、氨氮、电导率、悬浮物含量低，将其与渗滤液混合处理可以减轻垃圾渗滤液的处理难度；磷酸盐车间和尿素制备间的清洁水及事故废水中含有高浓度的总磷和氨氮。由于渗滤液处理系统具有较强的抗冲击负荷能力，能够有效处理这部分废水，因此将其一并接入渗滤液处理系统进行混合处理。一套渗滤液处理系统可以处理高浓度有机污水+低浓度有机污水+磷酸盐/尿素车间清洁水、事故废水，操作简单，便于企业运营管理。

潮南垃圾发电厂两套渗滤液处理系统的膜处理工艺分别是UF+DTRO+RO和UF+NF+RO+DTRO，高压反渗透（DTRO）具有通道宽、流程短、抗污染能力强、运行压力高、脱盐率高、回收率高、便于维修等特点，渗滤液经DTRO减量化处理，清液产生量提高至80%，浓液产生量降低至20%^[4]。渗滤液经处理后产生清液同时满足《城市污水再生利用—工业用水水质》（GB/T19923—2024）中的敞开式循环冷却水系统补充水标准（以下简称循环冷却水系统补充水标准）和《城市污水再生利用—城市杂用水水质》（GB/T18920—2020）道路清扫、城市绿化、车辆冲洗标准。部分清液进入循环水池作为一部分补充水使用，减少从水库取水量；其余部分清液作为厂区绿化、垃圾卸料平台冲洗水、垃圾车进厂道路冲洗水、地磅冲洗水，进行综合利用，提高利用率。浓液通过回喷系统，经高压泵和喷枪雾化后进入炉膛焚烧处理。该工艺可有效减少浓液总量，降低对锅炉焚烧的影响，同时避免剩余浓液回灌导致渗滤液处理系统盐分累积，从而防止管道及设备结垢，保护生化系统微生物菌群的活性，确保渗滤液处理系统稳定运行，避免处理能力下降或系统瘫痪。生化系统产生的剩余污泥经离心机脱水后，含水率约80%的污泥运往污泥干化系统污泥仓，经低温干化机干化成约30%含水率的干污泥，经刮板机输送至焚烧炉垃圾投料口入炉掺烧^[5]，最终转化为飞灰，经螯合稳定化处理后安全填埋。

浓液回喷炉膛使高温烟气中钠、氯、硫离子等腐蚀性物质含量显著增高，致使锅炉金属受热面尤其是炉膛水冷壁管束，在焦硫酸盐和氯化物复合作用下引发大面积腐蚀，产生“灰渣下熔盐腐蚀”。导致水冷壁变薄爆管，导致停炉事故，给企业造成比较大的损失。“纳米非晶态防腐合金喷涂+纳米陶瓷防腐涂层”工艺采用复合防腐涂层与水冷管壁表面紧密贴合，可以有效延缓管壁腐蚀速度，较“高温熔敷”、“防腐材料堆焊”等技术工艺投资低且容易推广。潮南垃圾发电厂1#和2#锅炉水冷壁于2020年5月采用以上工艺改造后，运行五年未发生水冷壁管爆管事故。

2.2 生产废水处理

潮南垃圾发电厂循环冷却水系统采用的是间冷开式循环冷却水系统。冷却水水源包括：一体化净水器处理的清水、渗滤液处理系统和工业废水处理系统的回用水、锅炉定连排废水、化水站超滤和反渗透的浓水、一体化净水器排污沉淀后的上清液。冷却水在循

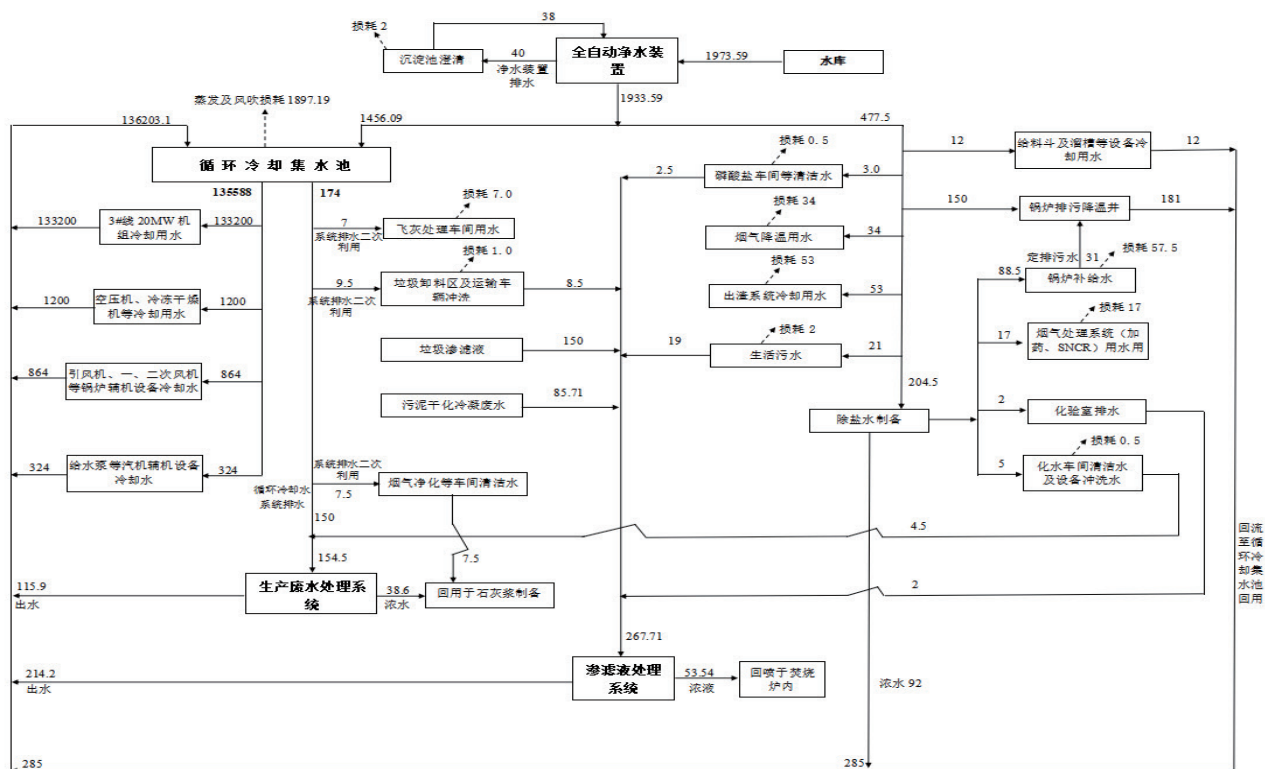
环过程中，随着冷却塔蒸发损失，盐类会不断浓缩，含盐量增加，易造成凝汽器发生结垢、腐蚀以及滋生微生物，造成凝汽器换热效率低，蒸汽凝结效果差，影响端差、真空度和发电量。循环冷却水除了添加杀菌灭藻剂、缓蚀阻垢剂进行化学药剂处理外，还需进行排污置换。潮南垃圾发电厂把一部分排污水用作锅炉除渣机冷渣、飞灰螯合、烟气降温、雾化器冷却用水消耗，其余排污水送入生产废水处理系统处理。

生产废水处理系统工艺采用：混凝+软化+UF+RO，超滤采用耐酸碱软化管式超滤膜，管式超滤较中空纤维超滤具有流道大、不易堵塞、容易清洗、抗污染能力强等特点，适合高硬度、碱度、悬浮物的无机废水。该工艺清液产生量提高至75%，浓液产生量降低至25%，生产废水经处理后产生清液满足循环冷却水系统补充水标准进入循环水池作为一部分补充水使用，减少从水库取水量，浓液进入浓液箱供石灰浆制备使用，在石灰浆泵和旋转雾化器的作用下雾化进入喷雾塔进行烟气脱酸、脱硫。混凝和软化加药产生的化学污泥经离心机脱水后，含水率约80%的污泥运往污泥干化系统污泥仓，经低温干化机干化成约30%含水率的干污泥，经刮板机输送至焚烧炉垃圾投料口入炉掺烧，最终转化为飞灰，经螯合稳定化处理安全填埋。

2.3 其他废水处理与回用

烟气净化车间、锅炉车间、飞灰固化车间、石灰浆制备车间清洁水及事故废水具有高碱度、高硬度、高悬浮物和高含盐量等特性，若直接进入其他处理系统，可能造成较大冲击负荷。由于该废水属于碱性废水，与石灰浆液性质相同，因此采用沉淀池沉淀处理，上清液回收用于石灰浆液制备，而底层污泥经人工清理后送入垃圾仓，与生活垃圾混合焚烧处置。红口鞞水库地表水经一体化净水器处理后，作为公司生产用水、消防供水和循环冷却水系统的补充水源。净水器运行过程中产生的虹吸反洗排水及排泥废水，其化学需氧量（COD）、氨氮、电导率、硬度及碱度指标均较低，但含沙量较高。该废水经收集后通过两级沉降池处理，沉淀去除泥沙后的上清液回用于循环水池补水，底层泥水则输送至生产废水处理系统的污泥池，与系统内产生的污泥合并处理。

其余部分生产用水进入化水站除盐水处理系统处理，除盐水处理系统的处理工艺为盘式过滤器+超滤+两级反渗透+EDI，产生的除盐水作为锅炉补给水使用，超滤、一级反渗透产生的浓水水质较好，完全满足循环冷却水系统补充水标准，用浓水箱回收后泵入循环水池作为一部分补充水使用。车间清洁水、设备反冲洗及化学清洗水排入地沟经地下管网流入生产废水系统



750t/d 垃圾焚烧炉 +20MW 汽轮发电机组全厂水量平衡图，单位：t/d

与循环冷却排污水混合处理。

锅炉炉水经磷酸盐处理后的定期排污和连续排污废水,其硬度、电导率及氯离子含量均较低,但含有水渣和软质沉淀物且温度较高。该废水需先通过添加冷却水降温,再经两级沉淀池沉降去除水渣和软质沉淀物,最终回收至循环水池作为补充用水。下面以建设规模为750t/d垃圾焚烧炉+20MW汽轮发电机组的全厂水量平衡图进行说明。

3 结语

垃圾焚烧发电厂实现废水综合利用与零排放是一项具有挑战性的工作,需从全厂运营角度统筹规划,综合考虑各用水环节,通过工艺优化与技术改造实现水系统平衡。潮南垃圾发电厂通过积极探索、技术创新,形成分质处理与资源化利用相结合的处理体系:将处理后的清液回用于循环冷却水系统补水;污泥经

离心脱水、干化处理后进行焚烧;浓液则采用回喷炉膛或石灰浆液制备处理,最终形成的飞灰经螯合稳定化后安全填埋。通过这一系列措施,成功实现了全厂废水全量资源化利用和零排放目标。

参考文献

- [1] 孙纪康,王苑颖.垃圾焚烧发电厂废水“零排放”实例[J].中国资源综合利用,2019,37(9):169-169.
- [2] 高星.垃圾焚烧发电厂渗滤液处理组合工艺及特性[D].广州:华南理工大学,2014.
- [3] 丁路跃,胡斯翰.浅论生活垃圾焚烧电厂渗滤液的零排放[J].广州化工,2016,44(4):109-111.
- [4] 李多松,蒋剑春,等.反渗透膜技术在垃圾渗滤液深度处理中的应用进展[J].水处理技术,2018,44(10):1-5.
- [5] 张辰,谭学军,等.城镇污水处理厂污泥干化焚烧技术现状与发展[J].中国给水排水,2020,36(16):1-7.